

◇ 서 평

과학사는 새로운 학문 분야인 카오스 분야를 어떻게 다룰 것인가?

제임스 글리크(박배식, 성하운 옮김), 『카오스』(동문사, 1993).¹⁾

임 경 순

포항공과대학

카오스 이론은 과연 상대성 이론과 양자역학에 비견될 만한, 20세기 물리학 분야에서 일어난 세번째의 대혁명인가? 이 책의 저자는 카오스를 주창했던 사람들의 말을 인용하면서 카오스 이론의 혁명적 성격을 조심스럽게 소개하고 있다. “상대성 이론은 절대적 공간과 시간이라는 뉴턴 물리학의 환상을 없애버렸다. 양자이론은 측정 과정을 제어할 수 있다는 뉴턴 물리학의 환상을 깨뜨렸다. 그리고 카오스 이론은 결정론적 예측가능성이라는 라플라스적 환상을 없앴다.” (16쪽) 또한 제임스 글리크는 토머스 쿤의 과학혁명에 관한 논의를 소개하면서 카오스 이론의 출현을 “진정한 패러다임 변혁, 즉 사고방식의 전환” (52쪽) 으로 묘사하고 있다.

카오스 이론이 진정으로 현대과학의 대혁명으로 기록될 수 있는가 하는 것은 아직 좀더 시간을 두고 과학사가들의 논의를 기다려야 할 것이다. 그러나 필자가 우선 지적할 수 있는 것으로는 이 카오스의 혁명이 상대성이론이나 양자역학의 혁명과도 상당히 다른 성격의 혁명이며, 또한 쿤이 제기한 과학혁명의 모델과도 상당히 다른 구조를 가지고 있다는 것이다.²⁾

우선 카오스에 관한 논의는 특수 상대성이론이나 양자역학 분야에서 보여지고 있는 환원주의적인 성격을 지니고 있지 않다. 입자물리학에서 보듯이 현실세계를 더욱더 작은 미시세계의 문제로 환원하거나 우주론적인 거대구조로 이해하려고 하지는 않고 있다. 일상적 현실 경험세계가 바로 카오스 이론이 추구하는 학문의 주요 대상인 것이다. 카오스 이론의 출현은 컴퓨터의 발달이라는 20세기 후반의 기술혁신에 의해서 가능하게 되었으며, 실제 문제를 풀어가는데서 점진적으로 형성되었다. 또한 과거의 통상적인 과학이론과는 달리 컴퓨터를 사용한 모의 실험을 해서 이론이 아직 확립되지 않은 상태에서 새로운 형태의 카오스 패턴을 실험적으로 발견하기도 한다. 즉 새로운 이론의 등장으로 지금까지의 모든 자연해석이 단순히 바뀌는 식의 과학혁명이 아니고, 컴퓨터의 도움과 실제 조작에 의해서 실용적인 분야에서 자신의 영역을 점차 넓히고 있는 점진적인 ‘혁명’인 것이다. 따라서 필자가 보기에 프랙탈, 스트레인즈 어트랙터, 바이퍼케이션 등의 개념을 광양자설과 같은 수준의 개념으로 보는 것은 좀 지나친 것 같다.

1800년 경에 라플라스에 의해 제창된 세계는 분명히 완벽한 결정론의 세계였다. 그러나 지난 200년 동안 결정론은 서서히 그 절대적 지위를 상실하면서 과학철학자 이안 해킹의 말대로 우연은 서서히 길들여져 갔다.³⁾ 형이상학적·인식론적 차원뿐만이 아니라 도박·증권·보험·전쟁·조

1) James Gleick, *Chaos: Making a New Science* (New York : Viking, 1987).

2) Ian Hacking, “Was There a Probabilistic Revolution 1800-1930?”, in Lorenz Krüger, Lorraine J. Daston, and Michael Heidelberger (eds.), *The Probabilistic Revolution* (Cambridge, (Mass.) : The MIT Press, 1987) Vol I., pp. 45-55.

3) Ian Hacking, *The Taming of Chance* (Cambridge : The Cambridge University Press, 1990).

세·운동경기·경기예측·기상관측·우생학·사회통계 등과 같은 실제적·실용적인 차원에서도 통계적 혁명은 서서히 자신의 영역을 넓혀 나갔다. 가우스·푸앵카레·케틀레·갈튼·볼츠만·뒤르켐 등 수많은 수학자·물리학자·생물학자·사회학자 등이 이 과정에서 공헌했으며, 급기야 1920년대 말에는 보른·하이젠베르크·보어 등의 양자역학에 대한 비결정론적인 해석에 의해서 비결정론은 인식론적으로도 확고한 위치를 차지하게 된다.

이 통계적 혁명은 공약불가능성(incommensurability)에 바탕한 토머스 쿤 식의 과학혁명은 분명 아니다. 쿤의 「과학혁명의 구조」라는 책에서 나타나는 식의 혁명은 이 기간 동안 너무도 여러번 나타났다. 그러나 그때마다 아리스토텔레스체제나 뉴턴체제의 붕괴와 같은 엄청난 규모의 구조적 변화는 나타나지 않았다. 통계적 혁명은 사회제도 속에서, 실제적인 현대인의 생활속에서, 수학·물리학·화학·생물학·기상학·사회학 등의 여러 학문 분야에서 나름대로 작은 영역을 차지해 나가면서 서서히 그 모습을 드러내고 있는 것이다. 푸코의 말대로 우연에 관한 지식은 불확실한 세계를 통제하려는 사회적 힘, 즉 그 지식을 둘러싸고 있는 권력과 불가분의 관계를 맺고 성장했는지도 모른다.⁴

글리크가 카오스 분야를 소개하고 있는 방식은 과학사적이라기보다는 다분히 대중적이고 참여적인 성격을 띠고 있다. 이런 서술방식은 전통적인 과학사가들의 취향과는 양립하기 힘든 것이라고 생각된다. 물론 최근의 몇몇 급진적인 역사서술 방식에서는 이렇게 역사가가 새로운 과학의 형성에 선두에 서서 사건의 진행에 개입하는 서술방식도 용인되는 것이 사실이다. 필자는 이런 극단적인 형태의 싸움에서 어느 한 편을 강력하게 지지하고 싶지는 않다. 다만 이 글에서는 필자가 느끼기에 카오스 분야를 역사적으로 다룰 때 흥미있을 만한 몇몇 관점을 제시하는 선에서 논의를 제한하고자 한다.

우선 카오스 분야를 이야기할 때마다 고전으로 등장하는 논문으로서, '초기조건에의 민감한 의존성'에 관한 로렌츠 논문 자체의 출현 배경에 관한 것은 과학사적으로 한번 짚고 넘어가야 할 것이다.⁵ 이 논문은 20세기 초반과 중반을 거치면서 과학의 주류에서 벗어난 유체역학과 같은 주변부 분야에서 발전한 것이었다. 또한 이 논문에서 등장하는 스트레인즈 어트랙터의 개념이 구체화되는 과정 또한 흥미있는 연구거리다. 스트레인즈 어트랙터라는 말은 1971년 뢰엘과 타켄스가 란다우의 난류이론을 비판하는 새로운 난류이론을 제기하면서 아주 추상적인 용어로 처음 사용했다.⁶ 그러나 그들의 논문에서는 로렌츠의 논문이 인용되고 있지 않다. 위의 두 논문이 유사한 개념을 다루고 있다는 것은 70년대 중반 이후에야 비로소 소수의 과학자들에게 인식되게 되었는데, 이때가 카오스 분야가 초기의 맹아적 연대를 형성하는 시기라고 할 수 있다. 이 초기의 연대를 가능케 한 조건이 무엇이었는가 하는 것을 파악하는 일은 로렌츠 논문과 뢰엘 논문의 재발견과 함께 의미있는 일이라고 생각된다. 결국 한 분야가 과학자들의 연대에 의해 형성되면서 그들이 사용했던 용어가 어떤 의미 변화를 가져오게 되는가를 파악하는 것은 20세기 후반 과학의 특징 가운데 하나인 분산적·국소적 발전의 성격을 이해하는 데 도움을 줄 것이다.

4) 지식과 권력과의 관계에 대한 푸코의 견해를 대략적으로 조명해볼 수 있는 푸코의 선집으로는 Michel Foucault(ed. Paul Rabinow), *The Foucault Reader*(New York: Pantheon, 1984)이 있다.

5) Edward N. Lorenz, "Deterministic Nonperiodic Flow", *Journal of the Atmospheric Sciences* 20 (1963), 130-141.

6) David Ruelle, Floris Takens, "On the Nature of Turbulence", *Communications in Mathematical Physics* 20(1971), 167-192, 특히 188쪽.

또한 1970년대에 제임스 요크가 우연히 로렌츠의 논문을 접하고 난 뒤 카오스라는 말을 처음 사용했을 때와 그 뒤 80년대를 통해서 카오스 분야가 구체적으로 형성될 때 그 말들이 차지하는 의미는 상당히 달랐다는 것도 주목해 볼 필요가 있다.

클리크는 파이겐바움을 소개하면서 뉴턴의 색깔이론을 비판했던 독일 낭만주의 과학자 괴테를 부각시키고 있으며, 이 책의 마지막도 괴테의 말로 맺고 있다. 이런 점 때문에 프랑스 혁명기의 낭만적 과학을 부정적으로 평가하는 과학사가는 이 책에 대해서 심한 거부감을 느낄 것이다. 괴테와 같은 비정통 물리학자로 평가되어 파이겐바움의 논문은 수많은 학술지로부터 얼마간 게재를 거부당했었다는 것도 흥미있는 사실이다.⁷⁾

현재 카오스 분야는 계속 발전하고 있기 때문에 이 분야에 대한 전반적인 역사적 평가를 하기는 상당히 힘들다. 1990년 Hao Bai-Lin이 펴낸 카오스 분야 논문 목록에는 무려 2000여편의 논문이 나타나 있다.⁸⁾ 또한 최근에 출판된 논문까지 합치면 그 수는 이보다 훨씬 더 많을 것이다. 클리크의 이 책은 카오스 분야를 대중과 과학자들에게 널리 알리는 데에 이미 커다란 역할을 하고 있는 듯이 보이며, 필자가 개인적으로 만났던 이 분야의 몇몇 전문가들도 이것을 인정했다.⁹⁾ 그러나 이 책에서 서술하고 있는 개개의 논문에 대한 설명이 얼마나 정확한가에 대한 평가는 아직 불충분한 상태다. 따라서 과학사가로서 이 책을 읽을 때에는 상당히 비판적인 태도를 가지고 읽어야 한다고 생각된다.

7) 파이겐바움의 보편상수에 대한 초기의 논의에 대해서는 Mitchell J. Feigenbaum, "Quantitative Universality for a Class of Nonlinear Transformation", *Journal of Statistical Physics* 19(1978), 25-52을 보라.

8) Hao Bai-Lin, *Chaos II* (Singapore : World Scientific, 1990).

9) 1994년 8월 16일 포항공과대학교에서 열린 "Summer Workshop on Pattern Formations in Coupled System and Their Application"에서 가졌던 필자와 Y. Kuramoto와의 대화.